

二堡船闸自动化控制系统的设计与应用

严 励

(淮安市淮安区二堡船闸管理所, 江苏 淮安 223200)

摘要:二堡船闸自动化控制系统,通过现地、远程2种方式对闸门启闭机的开关及速度实现控制。上、下游闸首两侧各配2台油压启闭机分别控制人字闸门和输水闸门。启闭机由变频调速电动机控制。电动机的控制由PLC编程及变频器实现。闸门开度采用绝对式编码器传送到PLC。水位采用超声波液位计。现地人机交互采用触摸屏,设计有主控、参数设置、故障报警、系统说明4个窗口。远控采用组态软件采集水位、电压、电流、闸门开度等现场数据,设计有上游控制、下游控制、运行动画模拟部分。远控采用远程控制断路器的方式实现远程分合闸控制。同时采集各种设备现场视频,操作人员进行远程控制时同时关注组态软件采集的各种信息和现场视频。

关键词:船闸;自动化;控制;系统

中图分类号:U641.3

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)01-0062-04

Design and application of automation control system for Erbao ship lock

YAN Li

(Erbao Ship Lock Management Office of Huaian District, Huaian 223200, Jiangsu)

Abstract:The automatic control system of Erbao Ship Lock controls the switch and speed of the gate hoist in two ways: on-site and remote. There were two hydraulic headstocks on each side of the upstream and downstream gates to control the miter gate and the water conveyance gate respectively. The hoist was controlled by variable frequency speed motor. The control of motor was realized by PLC programming and frequency converter. The gate opening was transmitted to PLC by absolute encoder. The water level was measured by ultrasonic level gauge. Touch screen was used in human-computer interaction, and four windows were designed, including main control, parameter setting, fault alarm, and system description. The remote control used configuration software to collect field data such as water level, voltage, current and gate opening, and designed upstream control, downstream control and operation animation simulation part. The remote control adopted the way of remote control circuit breaker to realize remote switch-on control. At the same time, the field video of all kinds of equipment was collected. Operators paid attention to all kinds of information and field video collected by configuration software when remote control was carried out.

Key words:ship lock; automation; control; system

淮安市淮安区二堡船闸位于京杭大运河和头溪河交汇处,被江苏省水利厅批准为省一级水利工程管理单位。船闸上、下游闸首净宽8 m,闸室宽12 m,长106 m。上游最高通航水位▽8.5 m,最低通航水位▽5.5 m,下游最低通航水位▽1.0 m。为提

高船闸自动化控制水平,采用PLC可编程控制器、变频器、液晶触摸屏、远程控制上位机、组态控制软件等对传统继电器控制进行了更新,实现了现地、远程2种方式对闸门启闭机的开关及运行速度控制。本文介绍自动化控制系统的设计与应用。

收稿日期:2019-08-09

作者简介:严励(1978—),男,工程师,主要从事水利工程管理工作。

1 控制对象

二堡船闸自动化控制系统要实现的是根据调度要求及水位情况通过启闭机对闸门的开关和运行速度实现控制。船闸上、下游闸首净宽 8 m, 安装人字钢闸门(如图 1 所示), 闸首两侧各配一台 YJQ-RC200-3.0A 型集成式油压推杆启闭机控制人字闸门开关。闸首两侧输水廊道净宽 2 m, 高 1.3 m, 其顶部为矢高 0.5 m 的拱, 安装平板钢闸门, 闸首两侧各配一台 YJQ-PZ100-2.5A 型油压启闭机控制输水闸门开关, 启闭机布置方式(如图 2 所示)。液压启闭机配 YVF2-160L 型变频调速三相异步电动机。液压启闭机推杆运动方向及速度由齿轮油泵控制, 油泵的转向及速度由电动机转向及速度控制, 对各电动机转动方向及转速的控制由 PLC 编程及变频器实现。

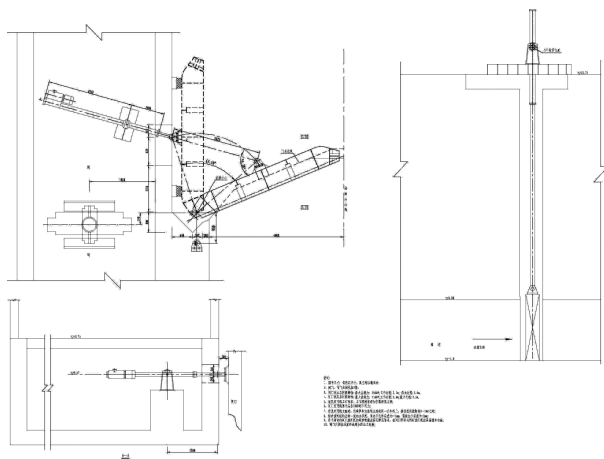


图1 人字门布置

2 PLC 控制系统

2.1 PLC 配置与联接

可编程控制器(PLC), 是一种数字运算的电子系统, 专为工业环境下应用而设计。它采用可编程程序的存储器, 用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程^[1]。PLC 主要特点有可靠性高、通用性好、扩展功能强等。船闸分上下游左右两侧, 共 4 个闸首, 其中上游左侧闸首作为主控侧, 主控侧现地控制 PLC 采用 Schneider TWDLCAE40DRF 一体型控制器, 其具有 24 路 24V DC 输入通道, 14 路继电器 2 路晶体管输出通道, 内置 100Base-TX Ethernet 网络端口^[2]。另外配数字量扩展输入模块

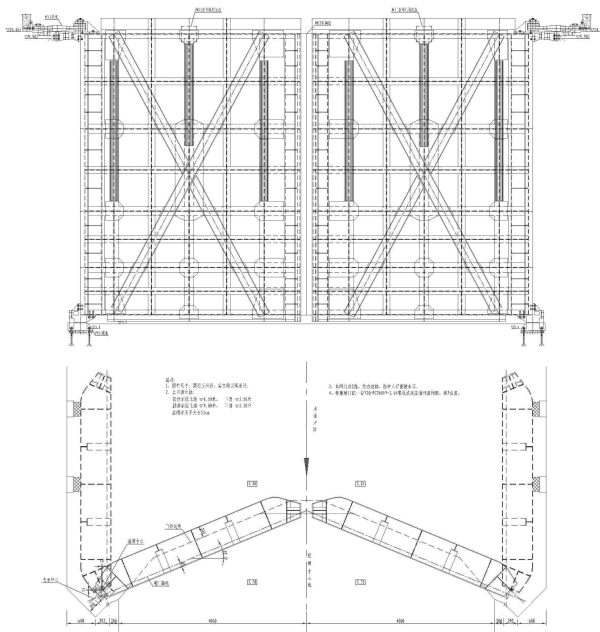


图2 启闭机布置

TWDDDI16DT2 块、模拟量扩展输出模块 TWDAV02HT、TWDNAC485T 通信适配器、模拟量扩展输入模块 TWDAMI8HT。其他闸首为副控侧, 副控侧现地控制 PLC 采用 Schneider TWDLMDA40DTK 模块化控制器, 配数字量扩展输入模块 TWDDDI16DT 两块、模拟量扩展输出模块 TWDAV02HT、TWDNOZ485T 通信扩展模块。主控与副控 PLC 之间采用 MODBUS 连接协议通信。

2.2 闸门开度检测

在 PLC 控制过程中需要实时读取人字闸门和输水闸门的开度数值, 通过 YQX-II 型外置式闸门开度仪进行检测。检测装置通过传动钢丝绳的一端与油压缸活塞杆吊头部位相连接, 当活塞杆外伸时, 传动钢丝绳被拉出并带动卷筒旋转, 与卷筒同轴安装的发条式板卷弹簧则被同步卷紧在芯轴上蓄力, 当活塞杆回缩时, 依靠发条式弹簧的蓄力带动卷筒旋转, 钢丝绳被回收卷绕在卷筒上。卷筒轴的一端通过联轴器与编码器相联, 卷筒转动时将钢丝绳的直线位移量转换为编码器的输出信号。开度的位移量信号通过不锈钢钢丝绳传递给绝对式编码器产生格雷码(Binary Gray Code)得到旋转圈数, 格雷码传送到 PLC 数字量扩展输入模块 TWDDDI16DT, 经 PLC 编程处理转换为二进制编码。PLC 利用转数及每转周长计算得到人字门和输水门的开度位移量, 闸门开度计算梯形图程序(如图 3 所示)。

2.3 水位检测

船闸上游、闸室、下游各安装 2 台 UTG-21 型超声波液位计测量各处水位, 仪表的探头发出超声

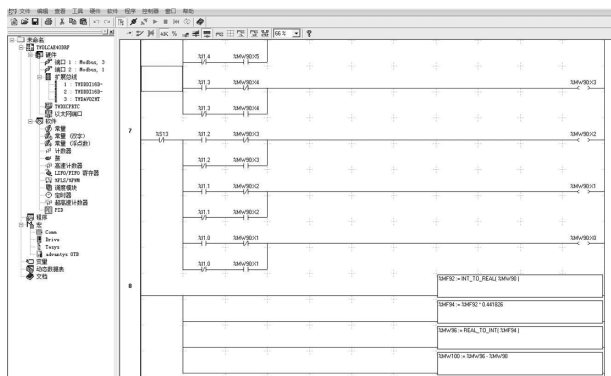


图3 闸门开度计算程序

波打到液位后反射回探头,探头接收到后计算发波到收波的时间,计算得到测量距离,仪表安装高度减去测量距离将得到当前液位。液位计测量得到的 4-20MA 模拟量通过模拟量扩展输入模块 TW-DAMI8HT 转换为 PLC 数字量。之所以上游、闸室、下游各安装 2 台液位计,是防止液位计故障产生错误数值。PLC 采集到各处水位值后,首先判断是否在有效范围之内,同时对相邻水位计差值判断是否在合理范围内,然后计算相邻水位均值。在水位信息处理过程中发现超出合理范围则产生报警信号。在人字钢闸门内外水位差小于 15cm 时满足开启条件。

2.4 变频调速

在输水闸门开启过程中,考虑水位差带来的水流速对输水闸门及闸室的冲击,所以在水位差较大的启门初始时间内,采用低速运行,到水位差缩小后加速运行。人字闸门运行控制采用“慢-快-慢”的方式,以保护闸门不因惯性引起的硬性碰撞损坏。液压启闭机配 YVF2-160L 型变频调速三相异步电动机。定子绕组连接三相交流电时采用三角形联结。采用 VLT® Micro Drive FC 51 通用变频器控制电机转速。交流异步电动机的实际转速与旋转磁场的转速有关,而旋转磁场转动速度则与三相交流电的频率和级对数有关,即 $n = 60f/p(1-s)$, 式中: n 为电动机转速, f 为三相交流电的频率, p 为电动机极对数, s 为转差率。通过改变交流电频率的方式实现交流电动机速度控制的技术就叫变频技术^[3]。变频器采用 u/f 控制方式,为了得到理想的转矩-速度特性,基于在改变电源频率进行调速的同时,又要保证电动机的磁通不变的思想而提出的,低速时需要降低电压,保持磁通量恒定。变频器输入端接 PLC 的模拟量扩展输出模块 TW-DAV02HT 的 0-10V 电压模拟输出信号。模拟量

扩展输出模块输出电压根据闸门开度值而改变,其 PLC 梯形图程序(如图 4 所示)。变频器则相应产生不同频率与电压的电动机输入电源,从而实现对电动机转速的控制。

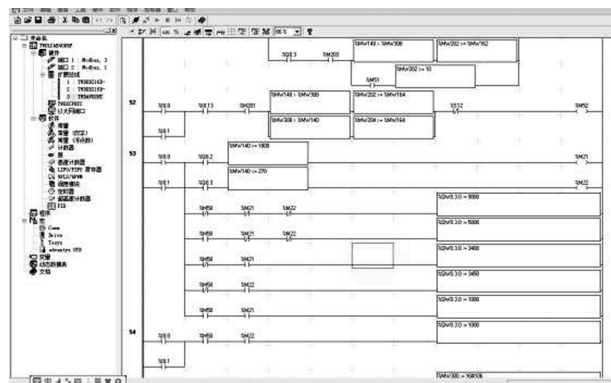


图4 电压输出控制梯形图程序

3 现地和远程的人机交互

3.1 现地控制

各闸首现地控制的人机交互采用 Weinview TK6070iH 液晶触摸屏实现,触摸屏通过 Modbus RTU protocol 通讯模式与 PLC 通信。触摸屏设计有主控、参数设置、故障报警、系统说明 4 个窗口,利用顶部 4 个触摸按键进行切换。其中主控画面(如图 5 所示)有输水门控制、人字门控制、状态监视 3 个部分。输水门控制部分可以读取输水门开度值,并可在初始维护时实现开度清零,在输水门处于全开或全关状态时有闪烁提示,有实现输水门开启、停止、关闭的操作按钮,有反映输水门电机运行及故障的状态闪烁提示。人字门控制部分可以读取人字门开度值,并可在初始维护时实现开度清零,在人字门处于全开或全关状态时有闪烁提示,有实现人字门开启、停止、关闭的操作按钮,有反映人字门电机运行及故障的状态闪烁提示。状态监视部分反映系统目前处于自动、远方、单侧、联动的状态。参数设置窗口有输水门全开值、全关值、下滑设置,人字门全开值、全关值、纠偏值、超差值、下滑设置。故障报警窗口有报警信息时间及类型记录。系统说明窗口用图形化方式对操作运行系统进行了讲解。另外在控制柜上装有可实现输水门和人字门的开启、停止、关闭的手动机械按钮,及紧急停止和故障复位按钮,实现自动、远方、单侧、联动的状态切换的机械旋转开关。

3.2 远程控制

远控室计算机与主控闸首 Schneider TWDL-

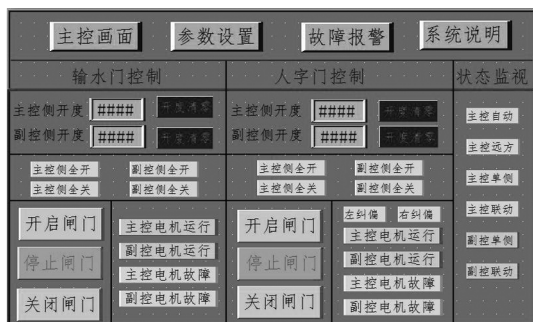


图5 触摸屏主控窗口

CAE40DRF 一体型 PLC 控制器的内置以太网接口采用 Modbus TCP/IP 协议通信。Modbus 协议最初由 Modicon 公司开发出来,在 1979 年末,该公司成为施耐德自动化部门的一部分,现在 Modbus 已经是工业领域全球最流行的协议^[4]。具有 Modbus 接口的 PLC 可以很方便地进行组态。组态软件是指一些数据采集与过程控制的专用软件,一般英文简称有 3 种,分别 HMI/MMI/SCADA。二堡船闸远程控制系统上位机组态软件采集水位、闸首电压、电流、各闸首人字闸门开度、各闸首输水闸门开度等现场数据。系统分为上游控制、下游控制、运行动画模拟部分(如图 6 所示)。上游控制部分实时显示上游左右两侧人字闸门、输水闸门的开度信息,上游左右两侧房机的电压电流值,人字闸门和输水闸门全开全关的闪烁提示,人字闸门开、停、关的操作按钮,输水闸门开、停、关的操作按钮。下游控制部分实时显示下游左右两侧人字闸门、输水闸门的开度信息,下游左右两侧房机的电压电流值,人字闸门和输水闸门全开全关的闪烁提示,人字闸门开、停、关的操作按钮,输水闸门开、停、关的操作按钮。运行动画模拟部分实时显示人字闸门及输水闸门的位置动画模拟,上游水位、闸室水位、下游水位及其动态模拟。远控室对闸首控制电源采用远程控制断路器的方式实现远程分合闸控制。同时

采集各闸首启闭机、人字闸门、输水闸门、闸首现地控制柜、上下游及闸室各处水位的现场频视到远控室大屏显示,远控操作人员进行远程控制时同时关注组态软件采集的各种信息和现场视频,确保信息准确。

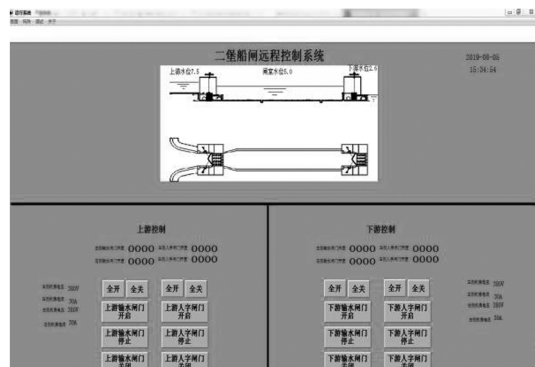


图6 远程控制窗口

4 结 语

二堡船闸自动化控制系统各种操作方式之间互锁,具有保证系统安全的电机联锁、电气保护,操作灵活适应各种运行方式,力求线路简练便于维护。相较传统继电器控制方式有可靠性高、通用性好、扩展功能强的优点,有效提升了水利工程管理单位运行自动化水平。

参考文献:

- [1] 王艳芬,侯益坤. PLC 应用与组态监控技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2012.
- [2] 郑阿奇,徐斌. 施耐德 PLC 开发及实例[M]. 北京:电子工业出版社,2015.
- [3] 孙志辉,闫晓强,程伟. 机电系统控制软件设计[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [4] 薛迎成,何坚强. 工控机及组态控制技术原理与应用[M]. 北京:中国电力出版社,2010.